

Измерение микротвердости методом атомно-силовой микроскопии

А.А. Зайцев, Н.А. Осипова, П.С. Вахрамеев

Череповецкий государственный университет, 162600, Череповец, Россия
vakhrameev_ps@mail.ru

В работе рассматривается измерение микротвердости алюминия. Сравнивается метод атомно-силовой микроскопии при помощи микроскопа NanoEducator и метод оптической микроскопии с помощью прибора ПМТ 3.

Study of microhardness by atomic force microscopy

A.A. Zaitsev, N.A. Osipova, P.S. Vakhrameev

Cherepovets state university, 162600, Cherepovets, Russian Federation

Metal microhardness measurements is considered by various methods in this work. The method of atomic force microscopy using a microscope NanoEducator vs. the method of optical microscopy using the PMT 3 were compared.

Микротвердость является важной характеристикой исследуемого материала. Существуют различные методы измерения данной величины [1].

Микротвёрдость измеряется вдавливанием алмазной пирамидки под нагрузкой менее 2 Н (200 гс) [2]. Выбор участка для испытания микротвёрдости и определение размеров отпечатка производят под микроскопом, затем по специальным таблицам пересчитывают на так называемое число твёрдости – отношение нагрузки к площади поверхности отпечатка. Прибор для определения микротвёрдости обеспечивает возможность выбора участка микроструктуры, где будет произведено вдавливание; благодаря малым размерам отпечатка можно измерять микротвёрдость отдельных фаз или даже отдельных зёрен. Данные о микротвёрдости используют для изучения неоднородности распределения растворимых примесей по зерну, исследования пластической деформации, построения диаграмм фазового равновесия и т.д. [3].

Измерение микротвёрдости производят в соответствии с требованиями ГОСТ 9450-76 «Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников» [4] по методу восстановленного отпечатка (основной) или по методу невосстановленного отпечатка (дополнительный) с использованием четырехгранной пирамиды с квадратным основанием.

При проведении эксперимента использовалась четырехгранная пирамида с квадратным основанием, которой наносились отпечатки с определенной нагрузкой.

Значение микротвердости определялось оптическим методом с помощью микротвердомера ПМТ 3. При нагрузке на алмазную пирамидку 0,5 Н средний размер диагонали углублений составил $d = 22.4$ мкм, что соответствует микротвердости 220 Мпа.

Измерение с помощью методов атомно-силовой микроскопии (АСМ) позволило получить несколько другие значения с учетом большей точности измерения [5].

С помощью сканирующего зондового микроскопа NanoEducator методом атомно-силовой микроскопии было проведено сканирование поверхности [6] и найдены отпечатки, нанесенные ранее, затем при помощи встроенных инструментов программы NanoEducator были определены размеры отпечатков.

Средний размер диагонали углублений при измерении методом АСМ составил в среднем $d = 18.05$ мкм, что соответствует значению числа микротвердости в 278 Мпа. Стоит отметить, что методы АСМ являются более точными по сравнению с оптическими. Различие результатов размера отпечатка в 4.35 мкм определяется тем, что при измерении оптическим методом экспериментатор полагается на своё зрение, а при измерении методом АСМ на аппаратные средства, которые могут гарантировать высокую точность.

Кроме того оптические измерения размеров, меньших 20 мкм, содержат дополнительную ошибку, связанную с волновой природой света. При этом ошибка составляет порядка нескольких длин волн, т.е. нескольких мкм. Измерения методами АСМ позволяют достичь точности 100 нм, что на порядок выше точности оптических методов в видимой части спектра. Методы АСМ позволяют проводить измерения площадок вдавливания размером несколько мкм, что дает возможность определения микротвердости малых объектов исследования, размером менее 10 мкм, что практически невозможно сделать оптическими методами.

1. А.И. Ковалев, Г.В. Щербединский. *Современные методы исследования поверхности металлов и сплавов.* – М., 1968.
2. *Физическое металловедение* / Под редакцией Р. Кана, выпуск 2. – М.: Мир, 1968.
3. Н.А. Богомолова *Практическая металлография: Учебник для техн. училищ.* – 2-е изд., испр. – М.: Высш. школа, 1982. (Профтехобразование. Металлография, металловедение).
4. ГОСТ 9450-76 «Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников» (Measurements microhardness by diamond instruments indentation).
5. В.Л. Миронов *Основы сканирующей зондовой микроскопии.* – М.: Мир, 2004.
6. Учебное пособие *Сканирующая зондовая микроскопия, спектроскопия.*
7. А.Г. Панов *Исследование статистических характеристик случайной величины результатов измерений: Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу "Методы исследования материалов и процессов".* – Наб. Челны: ИНЭКА, 2009.